

KARAKTERISTIK MATAAIR KARST DI KECAMATAN TAMBAKBOYO, KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR

Chabibul Mifta

bibul.mifta@gmail.com

Tjahyo Nugroho Adji

adji@geo.ugm.ac.id

ABSTRACT

*Discharge measurements and analyzing the dissolved elements are used to determine the characteristics of karst springs. The purpose of the study “**Characteristics of Karst Springs in Tambakboyo, Tuban, East Java**” to know the temporal and spatial variation of debit and dissolved chemical elements in Lamijah Spring, Pok Bango Spring, and Belik Anget Spring. Calcium meassuements has done by the field meassurement with Calcium Test Kit and bikarbonat with Alkalinity Test Kit. The result of this research show that the variation of the Lamijah Spring have flow rates that increased constant. Pok Bango Springs has a decreased temporal variation begin on June and November. Belik Anget Spring has show that the spring have a biggest flow rate variation. The hydrochemistry characteristics of Lamijah Springs and Pok Bango Springs shows that the dominant chemical type of $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$, while the Belik Anget Springs is generally dominated by $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$, except in July and December that $\text{Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$.*

Keyword : *Karst, Karst Spring, Hydrogeochemistry, Spring Characteristics*

ABSTRAK

Pengukuran debit dan menganalisa unsur terlarut digunakan untuk mengetahui karakteristik mataair karst. Penelitian yang berjudul “**Karakteristik Mataair Karst di Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban, Jawa Timur**” bertujuan untuk mengetahui variasi debit spasial dan temporal mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget serta mengetahui variasi spasial dan temporal konsentrasi unsur-unsur kimia yang terlarut pada Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango dan Mataair Belik Anget. Pengukuran kalsium dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat *calcium test kit* dan bikarbonat menggunakan alat *alkalinity test kit*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mataair Lamijah memiliki variasi nilai debit aliran yang mengalami kenaikan secara konstan, Mataair Pok Bango memiliki variasi temporal yang menurun diawali pada bulan Juni dan bulan November selanjutnya, Mataair Belik Anget sebagai mataair yang mempunyai rerata debit yang paling besar. Karakteristik hidrogeokimia mataair menunjukan bahwa Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango mempunyai tipe kimia dominan $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$, sedangkan Mataair Belik Anget secara umum menunjukkan senyawa dominan $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$, kecuali pada bulan Juli dan Desember menunjukkan dominasi $\text{Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$.

Kata kunci : *Karst, Mataair Karst, Hidrogeokimia, Karakteristik Mataair*

PENDAHULUAN

Bentanglahan karst mempunyai karakteristik relief dan sistem drainase yang khas, terutama disebabkan oleh sifat kelarutannya yang tinggi di dalam air, jika dibandingkan dengan daerah lain (Ko, 1997). Dengan pengertian tersebut dapat diketahui bahwa batugamping (limestone) bukan satu-satunya jenis batuan yang dapat menimbulkan karst, contoh lain dari jenis batuan yang mudah larut adalah dolomit dan batu garam. Akan tetapi, proses karstifikasi akan berkembang sempurna pada batuan yang mempunyai sifat mudah larut dan memiliki ruang yang sangat luas, seperti batuan karbonat. Proses pelarutan yang terjadi pada bentuklahan karst itu tidak hanya terjadi di permukaan batuan (eksokarst), tetapi juga di bawah permukaan (endokarst). Kedua gejala karst, yang dipengaruhi oleh faktor fisik, biofisik, dan kimiawi itu bersifat dinamis dan berinteraksi satu dengan yang lain, yang saling mempengaruhi (Samodra, 2001).

Sumberdaya di kawasan karst belum banyak diketahui oleh masyarakat. Banyak pandangan atau opini masyarakat tentang keadaan fisik kawasan karst, baik melalui media masa atau media elektronik. Pandangan ini menyatakan bahwa kawasan karst identik dengan kekeringan, kegersangan, dan kekurangan air. Keadaan yang kering karena jumlah air yang ada di permukaan sangat sedikit dan gersang karena jarang terdapat vegetasi penutup lahan semakin menguatkan pendapat masyarakat mengenai kawasan karst. Sebagian masyarakat masih berpendapat bahwa kawasan karst tidak memberikan manfaat, tetapi hanya menimbulkan permasalahan dari tahun ke tahun.

Permasalahan utama di kawasan karst terkait dengan sumberdaya air. Air merupakan salah satu faktor yang menyebabkan adanya proses pelarutan pada bentuklahan karst, yang berupa batugamping atau senyawa karbonat lainnya. Proses karstifikasi, yang berupa proses pelarutan, dan pengikisan, pada bentuklahan karst itu juga dipengaruhi oleh tatanan geologi

dan waktu yang tersedia bagi proses karstifikasi. Proses pelapukan dan pelarutan batuan karbonat di daerah beriklim tropis basah berjalan lebih cepat dibanding dengan daerah lainnya yang beiklim tropis. Suhu lingkungan yang meningkat di kawasan karst, yang terletak pada daerah beriklim tropis, menyebabkan reaksi kimia dan biokimia di kawasan batuan karbonat berjalan lebih cepat. Pada prinsipnya ada empat faktor penting yang menyebabkan terjadinya bentuklahan karst, yaitu batuan, struktur geologi, iklim, dan vegetasi. Setiap kawasan karst mempunyai karakteristik tersendiri, tergantung pada curah hujan dan iklim, jenis dan sifat litologi, pengaruh struktur geologi, waktu, kemampuan batuan menyerap air, menyimpan dan mengatur pengeluarannya pada musim kemarau, kerapatan vegetasi penutup, tebal-tipisnya lapisan tanah serta campur tangan manusia dalam mengelola lahan (Samodra, 2001).

Pemunculan mataair di kawasan karst salah satunya dipengaruhi oleh curah hujan. Selain itu faktor topografi dan struktur geologinya juga menjadi faktor yang mempengaruhi keterdapatn mataair di suatu daerah. Adanya hubungan pengaruh antara curah hujan dengan pemunculan mataair, menyebabkan terjadinya perubahan kondisi hidrologis, yang meliputi variasi debit mataair, kondisi kualitas fisik maupun kualitas kimiawi. Batugamping karst, struktur geologi karst, litologi dan umur batuan, serta proses pelarutan yang dibentuk oleh faktor iklim, mempunyai kontrol atau pengaruh yang paling dominan, yang dibatasi oleh faktor-faktor yang lain tersebut (Marker, 1983).

Keberadaan mataair pada kawasan karst daerah Kecamatan Tambakboyo, Tuban merupakan salah satu penyedia sumberdaya air yang banyak dimanfaatkan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya. Mataair Lamijah, Pok Bango dan Belik Anget merupakan mataair yang dimanfaatkan warga Kecamatan Tambakboyo untuk keperluan sehari-hari.

Banyaknya kebutuhan air masyarakat sekitar dan minimnya riset mengenai mataair di Kecamatan Tambakboyo melatarbelakangi dilakukannya penelitian dan studi lebih lanjut mengenai debit dan hidrokimia pada mataair karst.

Bentuklahan karst adalah suatu bentuklahan yang unik, memiliki sistem yang berbeda dengan bentuklahan yang lain. Kawasan topografi karst mempunyai karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batubatuannya di dalam air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempat lain. Ko (1997) berpendapat bahwa karakteristik hidrologi di daerah karst sangat spesifik. Karakteristik utama dari bentuklahan karst adalah keberadaan sistem drainase yang sifatnya vertikal dan sistem drainase bawah tanah, atau lebih dikenal sebagai sungai bawah tanah. Sistem drainase tersebut terjadi karena adanya proses pelarutan (Jennings, 1971).

Proses pelarutan yang terjadi di kawasan karst sangat dipengaruhi oleh dua variabel penting, dan selain itu cepat atau lambatnya proses pelarutan itu juga mempengaruhi besar kecilnya air yang tersimpan, sebagai sistem drainase di dalam medan batugamping di kawasan karst. Dua variabel penting dalam proses pelarutan tersebut adalah air sebagai pelarut, dan batuan penyusun litologi sebagai media terlarut. Sifat aliran mataair karst berguna untuk melihat karakteristik mataair.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini dimaksudkan untuk (1) Mengetahui variasi spasial dan temporal debit mataair karst di Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban; (2) Mengetahui variasi spasial dan temporal konsentrasi unsur-unsur kimia terlarut di mataair karst Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten Tuban.

METODE PENELITIAN

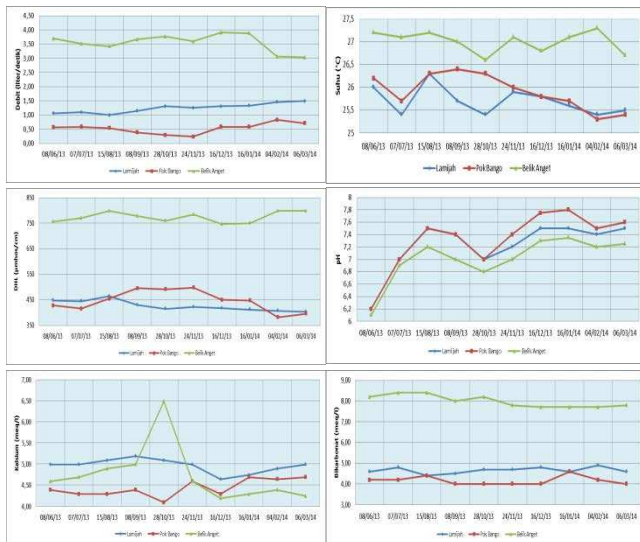
Penelitian ini dilakukan di kawasan karst Kecamatan Tambakboyo, Tuban dan tepatnya pada Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango, dan Mataair Belik Anget. Data yang dikumpulkan pada penelitian berupa data primer maupun data sekunder. Data primer yang terdiri dari data posisi mataair, data debit mataair, data sifat fisik, dan data kandungan unsur kimia terlarut. Data tersebut diambil secara temporal dan spasial meliputi Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango, dan Mataair Belik Anget. Pengukuran temporal dilakukan secara berkala yaitu sekali setiap bulan dengan total 10 bulan dari bulan Juni 2013-Maret 2014.

Pengukuran kalsium dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat *calcium test kit* dan bikarbonat menggunakan alat *alkalinity test kit*. Sementara unsur kimia terlarut lainnya diukur di laboratorium dengan menguji sampel air yang diambil di lapangan.

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif, komparatif, grafis, dan korelasi. Analisis deskriptif, komparatif, dan grafis digunakan untuk memaparkan variasi debit dan unsur kimia terlarut pada mataair baik secara temporal maupun spasial. Sementara analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara beberapa komponen parameter seperti debit mataair, DHL mataair, dan unsur kimia terlarut mataair.

HASIL

Komponen parameter air pada Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget yang diukur dilapangan seperti debit, suhu, DHL, pH, serta unsur kimia terlarut kalsium (Ca^{2+}) dan bikarbonat (HCO_3^-) mengalami variasi nilai baik secara temporal dan spasial. Hal ini ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 1. Grafik Variasi Temporal Beberapa Komponen Parameter Air Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget yang Diukur di Lapangan
Sumber : Pengukuran Lapangan, 2013

Mataair Lamijah memiliki pola grafik temporal yang konstan, cenderung naik setiap bulannya. Mataair Lamijah memiliki nilai debit aliran antara 1-1,5 liter/detik. Mataair Belik Anget sebagai mataair yang mempunyai rerata debit yang paling besar yaitu antara 3-3,9 liter/detik. Berbeda dengan kedua mataair lainnya, Mataair Pok Bango mempunyai rerata debit aliran yang paling kecil dibandingkan dengan kedua mataair lainnya. Mataair Pok Bango memiliki nilai debit aliran antara 0,2-0,9 liter/detik. Mataair Pok Bango mengalami penurunan debit pada bulan september sampai November. Bulan Desember debit Mataair Pok Bango mengalami peningkatan. Debit yang terendah terjadi pada bulan November dikarenakan pada bulan ini hampir tidak pernah terjadi hujan, sedangkan debit tertinggi terjadi pada bulan Februari dikarenakan sering terjadi hujan di bulan ini.

Ketiga mataair pada lokasi penelitian memiliki kualitas yang baik ditinjau dari suhunya. Suhu ketiga mataair mengikuti suhu udara lokasi penelitian. Suhu Mataair Belik Anget rata-rata mencapai 27°C sedangkan Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango rata-rata 26°C.

Daya hantar listrik yang terlihat di gambar pada mataair Lamijah berkisar antara 400 sampai 470 $\mu\text{mhos/cm}$, mataair Pok Bango berkisar antara 380 sampai 500 $\mu\text{mhos/cm}$, dan mataair Belik Anget mempunyai daya hantar listrik yang besar dibandingkan dengan lainnya berkisar 740 sampai 800 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai daya hantar listrik tersebut menunjukkan bahwa ion-ion yang terlarut oleh air pada mataair Belik Anget lebih banyak dibandingkan dengan mataair Lamijah dan Pok Bango.

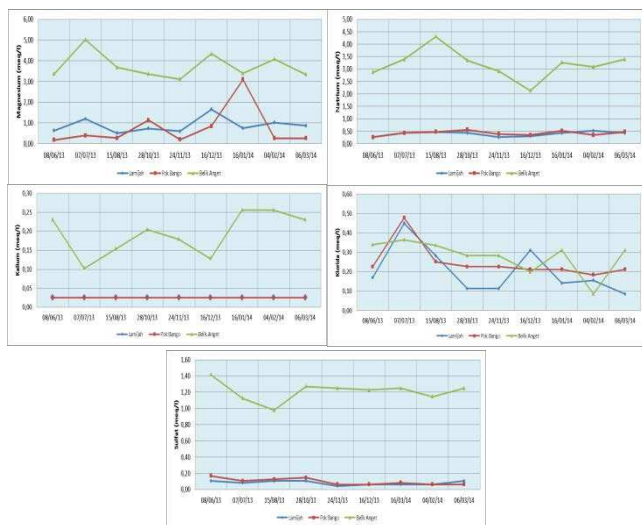
Variasi temporal nilai pH ketiga mataair cenderung konstan dengan nilai pH yang tidak terlalu tinggi. Nilai pH yang tercatat berkisar antara 6-8. Apabila pH dikatakan agak asam jika nilainya antara 5-7, sedangkan jika nilainya antara 7-9 pH dikatakan basa. Nilai pH netral berada pada angka 7, yang berarti air tidak bersifat asam maupun basa.

Gambar variasi kandungan kalsium menjelaskan bahwa kandungan Ca^{2+} yang memiliki nilai rata-rata paling tinggi adalah Mataair Lamijah. Kandungan kalsium Mataair Belik Anget pada bulan Oktober mengalami peningkatan secara signifikan. Kandungan rerata kalsium pada mataair Lamijah sebesar 4,96 meq/l, mataair Pok Bango 4,44 meq/l sedangkan mataair Belik Anget sebesar 4,74 meq/l.

Kandungan bikarbonat (HCO_3^-) terlarut paling tinggi terdapat pada Mataair Belik Anget, yang mempunyai rerata kandungan HCO_3^- sebesar 7,99 meq/l. Mataair Lamijah memiliki nilai bikarbonat yang berkisar antara 4,5-4,9 meq/l dan variasi cenderung konstan. Mataair lain yang diuji adalah Mataair Pok Bango, mataair ini memiliki nilai bikarbonat terlarut paling kecil. Nilai bikarbonat Mataair Pok Bango berkisar antara 4-4,6 meq/l dan variasi nya konstan hampir menyerupai variasi pada Mataair Lamijah.

Selain unsur kimia terlarut yang diukur di lapangan, peneliti juga mengukur unsur kimia terlarut yang diujikan di laboratorium. Hasil unsur kimia terlarut pada Mataair Lamijah, Pok

Bango, dan Belik Anget disajikan dalam gambar sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik Variasi Temporal Unsur Kimia Terlarut pada Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget yang Diuji di Laboratorium

Sumber : Pengujian Laboratorium, 2013

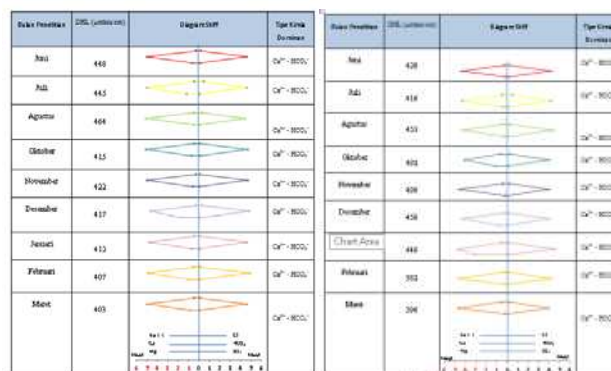
Kandungan magnesium pada ketiga mataair bisa dilihat pada gambar diatas memiliki variasi yang berbeda. Kandungan unsur magnesium rerata pada Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango hampir sama. Variasi yang dimiliki Mataair Belik Anget memiliki nilai yang lebih tinggi daripada Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango. Nilai rerata kandungan unsur magnesium pada Mataair Lamijah sebesar 0,88 meq/l, Mataair Pok Bango sebesar 0,74 meq/l, dan Mataair Belik Anget sebesar 3,74 meq/l.

Kandungan rerata natrium Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango hampir memiliki rerata yang sama, begitu pula dengan grafik variasi temporal pada kedua mataair tersebut hampir berbentuk sama. Lain halnya Mataair Belik Anget memiliki rerata terbesar sebesar 3,19 meq/l. Bentuk grafiknya juga mengalami peningkatan dari bulan Juni sampai bulan Agustus, bulan Agustus merupakan nilai terbesar. Selanjutnya dari bulan Agustus mengalami penurunan sampai bulan Desember, kemudian naik lagi di bulan Januari, Februari, dan Maret.

Nilai kalium pada Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango relatif hampir sama, sedangkan nilai kalium pada Mataair Belik Anget sedikit lebih besar. Kadar rerata kandungan unsur kalium yang ditunjukkan pada Gambar 2. menjelaskan bahwa Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango sama, sedangkan pada Mataair Belik Anget memiliki rerata kandungan unsur kalium sebesar 0,19 meq/l. Mataair Belik Anget mempunyai nilai kandungan tertinggi sebesar 0,26 meq/l pada bulan Januari dan Februari 2014, Mataair Belik Anget juga mempunyai nilai terendah sebesar 0,10 meq/l pada bulan Juli 2013.

Kandungan klorida pada ketiga mataair yang disajikan pada Gambar 2. menunjukkan nilai yang bervariasi. Rerata kandungan klorida pada Mataair Lamijah memiliki nilai sebesar 0,20 meq/l, Mataair Pok Bango memiliki rerata kandungan klorida sebesar 0,25 meq/l dan Mataair Belik Anget mempunyai kandungan rerata sebesar 0,28 meq/l.

Semua unsur kimia terlarut pada Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget dianalisa menggunakan diagram stiff. Diagram stiff merupakan salah satu cara menyajikan kation dan anion yang berpasangan. Na^+ dan K^+ berpasangan dengan Cl^- , Ca^{2+} berpasangan dengan HCO_3^- , Mg^{2+} berpasangan dengan SO_4^{2-} . Bagian kiri merupakan skala konsentrasi kation, sedangkan bagian kanan menunjukkan skala konsentrasi anion.

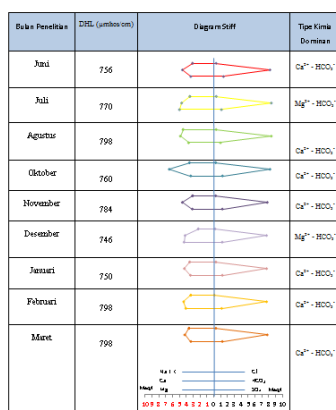


Gambar 3. Diagram Stiff Mataair Lamijah (kiri) dan Mataair Pok Bango (kanan)

Sumber : Hasil Analisis Data, 2014

Pola dan besarnya diagram yang terbentuk menunjukkan besarnya kandungan ion total pada sampel mataair. Semakin panjang garis berarti semakin besar unsur kimia yang terkandung. Titik yang terjauh pada bagian kiri maupun kanan menunjukkan bahwa ion tersebut memiliki konsentrasi paling besar pada sampel dan merupakan ion dominan.

Diagram stiff Mataair Lamijah menunjukkan bahwa kation didominasi oleh kalsium dan anion didominasi oleh bikarbonat. Hampir dalam setiap bulan Mataair Lamijah didominasi oleh kalsium pada kation (Ca^{2+}) dan bikarbonat (HCO_3^-) pada anion. Hal tersebut menunjukkan Mataair Lamijah menghasilkan tipe kimia dominan yaitu $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$. Sama halnya dengan bentuk diagram stiff pada Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango juga menghasilkan tipe kimia dominan yang sama seperti Mataair Lamijah yaitu $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$. Mataair Belik Anget mempunyai presentase konsentrasi anion yang besar pada unsur bikarbonat (HCO_3^-) di semua sampel pada setiap bulannya. Gambar dibawah menunjukkan secara keseluruhan sampel Mataair Belik Anget mempunyai senyawa dominan $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$. Hanya pada bulan Juli dan bulan Desember sampel mataair Belik Anget mempunyai senyawa dominan $\text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^-$.



Gambar 4. Diagram Stiff Mataair Belik Anget
Sumber : Hasil Analisis Data, 2014

PEMBAHASAN

Adanya variasi temporal pada debit Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget

sangat bervariasi tergantung pada luas daerah imbuhan dan besarnya imbuhan (Purnama, 2010). Hasil menunjukkan bahwa Mataair Belik Anget memiliki rerata debit aliran paling besar, disusul debit Mataair Lamijah kemudian Mataair Pok Bango. Mataair Lamijah memiliki pola grafik temporal yang konstan, cenderung naik setiap bulannya. Hal ini disebabkan oleh mataair Lamijah yang memiliki tipe aliran *diffuse* atau *fissure*. Faktor penyusun batuan karbonat batugamping masih tergolong masif, sehingga air sulit menembus rongga-rongga batuan. Meskipun tidak mengalami perubahan debit secara drastis, aliran mataair ini termasuk aliran *perennial* (aliran sepanjang tahun). Debit yang rendah sepanjang tahun mengindikasikan luas daerah tangkapan tidak terlalu besar. Mataair Lamijah memiliki nilai debit aliran antara 1-1,5 liter/detik. Hal ini mengindikasikan bahwa mataair lamijah termasuk pada kelas V menurut Meinzer dalam Purnama (2010).

Berbeda dengan Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango mempunyai rerata debit aliran yang paling kecil dibandingkan dengan kedua mataair lainnya. Mataair Pok Bango memiliki nilai debit aliran antara 0,2-0,9 liter/detik dan masuk didalam kelas VI dalam klasifikasi Meinzer.

Mataair Belik Anget sebagai mataair yang mempunyai rerata debit yang paling besar yaitu antara 3-3,9 liter/detik. Hal ini mengindikasikan bahwa Mataair Belik Anget termasuk dalam kelas V menurut klasifikasi Meinzer. Aliran debit pada mataair ini bervariasi. Debit yang cukup kecil dipengaruhi daerah tangkapan yang tidak terlalu luas. Daerah tangkapan ketiga mataair ini memiliki area tangkapan yang hampir berdekatan. Adanya karakteristik mataair yang sangat jelas mencerminkan terdapat sistem hidrologi yang berbeda.

Menurut Hem (1971) dalam Haryono dan Purnama (1998), salah satu cara untuk menganalisis persebaran ion dominan dalam air di suatu daerah adalah dengan menggunakan diagram stiff. Diagram stiff dibuat dengan

menggunakan hasil analisis kimia dalam satuan ekuivalen per liter (epm). Kadar ion dominan digambarkan pada sumbu yang dibuat pada arah kanan dan kiri dari pusat. Kadar ion positif (kation) digambarkan ke arah kiri dari sumbu, sedangkan ion negatif (anion) digambarkan ke arah kanan dari sumbu.

Hal yang perlu diperhatikan pada diagram stiff adalah bentuk dan ukurannya. Bentuk diagram stiff menunjukkan sifat kimia airtanah yang didasarkan pada kadar ion-ion dominan di dalamnya, sedangkan ukuran diagram menunjukkan besaran kadar ion-ion dominan tersebut. Bentuk dan ukuran diagram yang berbeda menunjukkan bahwa terjadi perbedaan kadar ion dominan di tempat tersebut (Haryono dan Purnama, 1998).

Diagram stiff merupakan salah satu cara menyajikan kation dan anion yang berpasangan. Na^+ dan K^+ berpasangan dengan Cl^- , Ca^{2+} berpasangan dengan HCO_3^- , Mg^{2+} berpasangan dengan SO_4^{2-} . Bagian kiri merupakan skala konsentrasi kation, sedangkan bagian kanan menunjukkan skala konsentrasi anion. Pola dan besarnya diagram yang terbentuk menunjukkan besarnya kandungan ion total pada sampel mataair. Semakin panjang garis berarti semakin besar unsur kimia yang terkandung. Titik yang terjauh pada bagian kiri maupun kanan menunjukkan bahwa ion tersebut memiliki konsentrasi paling besar pada sampel dan merupakan ion dominan. Ion dominan dalam hal ini ditentukan dengan menggunakan presentase dari masing-masing unsur sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.

Air memiliki kontrol yang baik terhadap komposisi kimia yang terkandung. Proses pelarutan dan pengendapan dapat diketahui dari tingkat kejenuhan air. Pada batuan karbonat, proses hidrogeokimia berupa pelarutan akan menghasilkan ion utama berupa kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan bikarbonat (HCO_3^-). Apabila air tidak mampu melarutkan mineral karbonat maka air tersebut telah memiliki tingkat kejenuhan yang tinggi. Ukuran tingkat

kejenuhan berasal dari kandungan karbondioksida dalam air yang menjadi unsur utama dalam proses pelarutan.

Nilai ion yang terlarut ditunjukkan dengan semakin panjangnya garis ke arah kanan yang berarti semakin besar nilai anion, demikian pula sebaliknya untuk nilai kation. Diagram stiff bulanan Mataair Lamijah menunjukkan bahwa kation didominasi oleh kalsium dan anion didominasi oleh bikarbonat. Besaran nilai tersebut sesuai pada kondisi air di daerah karst dengan penyusun berupa mineral karbonat. Tingginya kalsium menunjukkan bahwa mineral kalsit lebih dominan daripada mineral dolomit. Mineral kalsit sendiri struktur materialnya sebagian besar dari invertebrata laut dan merupakan komponen utama dari batugamping.

Diagram stiff Mataair Pok Bango menjelaskan kenampakan yang hampir sama dengan Mataair Lamijah. Diagram stiff Mataair Pok Bango mempunyai kenampakan yang sama setiap bulan, meskipun panjang garis horizontal yang berbeda pada tiap bulannya yang berarti banyaknya ion yang terkandung berbeda. Kation didominasi oleh unsur Ca^{2+} dan anion didominasi oleh unsur HCO_3^- . Ion dominan Mataair Pok Bango yang hampir setiap bulan unsur Ca^{2+} mempunyai nilai yang besar pada konsentrasi kation, sedangkan pada konsentrasi anion unsur HCO_3^- yang mempunyai presentase yang besar. Hal tersebut menunjukkan pada Mataair Pok Bango menghasilkan tipe kimia dominan yaitu Ca^{2+} - HCO_3^- .

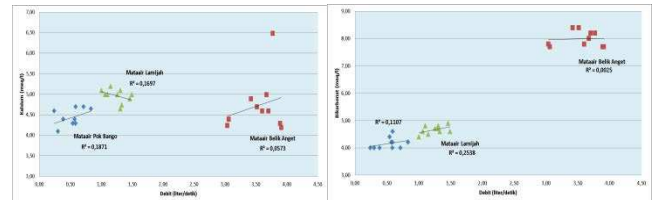
Mataair Belik Anget mempunyai bentuk diagram stiff yang lebih besar dibandingkan dengan mataair Lamijah dan Pok Bango. Bentuk diagram stiff mataair Belik Anget berbeda dengan kedua mataair lainnya karena mempunyai bentuk yang lancip pada konsentrasi anion. Konsentrasi kation pada mataair ini terlihat agak tumpul dibandingkan kedua mataair lainnya. Besarnya diagram stiff pada mataair Belik Anget juga dipengaruhi oleh banyaknya ion yang terkandung dalam mataair tersebut.

Mataair Belik Anget mempunyai konsentrasi anion yang besar pada unsur HCO_3^- di semua sampelnya. Secara keseluruhan sampel Mataair Belik Anget mempunyai senyawa dominan Ca^{2+} - HCO_3^- . Hanya pada bulan Juli dan Bulan Desember sampel mataair Belik Anget mempunyai senyawa dominan Mg^{2+} - HCO_3^- yang mengindikasikan bahwa mineral dolomit lebih dominan dibandingkan mineral kalsit. Kondisi daerah karst sebagai oyek penelitian yang tersusun dari batuan karbonat memiliki mineral dolomit sebagai salah satu peenyusunnya. Mineral dolomit penting sebagai mineral primer yang umumnya hasil dari invasi mineral kalsit oleh air asin yang kaya dengan magnesium sehingga menyebabkan rekristalisasi dimana mineral dolomit menggantikan mineral kalsit.

Appelo dan Postma (1994) menyebutkan bahwa kalsium (Ca^{2+}) merupakan kation dan unsur mayor alkali yang paling banyak ditemukan, memiliki berat atom 40,078. Sumber kalsium berasal dari batuan karbonat yang ikut terlarut dalam air. Tingkat pelarutan batuan karbonat yang terjadi dipengaruhi oleh kandungan karbondioksida dalam air. Kadar karbondioksida terlarut sendiri dipengaruhi oleh jumlah masukan karbondioksida dalam air. Sumber karbondioksida dalam air berasal dari tanah, udara, serta hasil respirasi tumbuhan di sekitarnya. Pada sistem terbuka (*open system*) dengan kandungan karbondioksida yang lebih banyak dalam air, maka pelarutan batugamping akan lebih intensif. Semakin intensif pelarutan maka kandungan Ca^{2+} dan HCO_3^- dalam air semakin banyak.

Gambar 5. menunjukkan tingkat hubungan antara debit dan kandungan kalsium dalam air pada Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget. Secara statistik hubungan antara kalsium dengan debit Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget masuk kategori sangat rendah. Julat nilai hubungan koefisien relasi antara 0,00-0,199 dikatakan memiliki hubungan yang sangat rendah (Sugiyono,2007).

Hasil uji antara debit dengan kandungan kalsium pada Mataair Lamijah menunjukkan keberadaan hubungan negatif yang memiliki arti jika debit mengalami penurunan, maka kandungan kalsium akan semakin tinggi. Mataair Pok Bango dan Mataair Belik Anget memiliki hubungan positif.



Gambar 5. Hubungan Debit dengan Kalsium (kiri) dan Bikarbonat (kanan) Mataair Lamijah, Pok Bango, dan Belik Anget
Sumber : Hasil Analisis Data, 2014

Gambar diatas menunjukkan tingkat hubungan antara debit dan kandungan bikarbonat dalam air pada Mataair Lamijah masuk dalam kategori rendah, sedangkan pada Mataair Pok Bango dan Mataair Belik Anget masuk kategori sangat rendah (Sugiyono, 2007). Hubungan perubahan debit terhadap bikarbonat memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 0,2538 pada Mataair Lamijah, 0,1107 pada Mataair Pok Bango, dan 0,0025 pada Mataair Belik Anget.

Berdasarkan hasil korelasi, nilai hubungan debit dan kalsium serta debit dengan bikarbonat masih berada pada kelas sangat rendah. Nilai tersebut menunjukkan bahwa memang tidak ada hubungan yang kuat antara kandungan debit dengan bikarbonat maupun debit dengan kalsium. Nilai hubungan yang sangat rendah tersebut menunjukkan bahwa jumlah dan sebaran data tidak berpengaruh terhadap korelasi antar parameter.

Tingkat hubungan yang rendah menunjukkan bahwa debit tidak memberikan pengaruh yang signifikan dan langsung terhadap kandungan kalsium dan bikarbonat. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tipe aliran didominasi aliran *diffuse*. Perubahan nilai debit tidak diiringi perubahan nilai bikarbonat dan kalsium secara linier menunjukkan terjadi

penundaan (*delay*) terhadap air hujan yang jatuh ke daerah tangkapan mataair.

Sifat akuifer yang didominasi aliran diffuse menyebabkan air hujan yang jatuh tidak langsung keluar melalui mataair. Mataair dengan dominasi aliran diffuse cenderung memiliki respon yang lambat terhadap hujan. Hujan yang jatuh meresap perlahan dan tersimpan pada epikarst sebelum mengimbuh mataair. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kenaikan debit tidak memiliki hubungan langsung dengan perubahan nilai kalsium (Ca^{2+}) maupun bikarbonat (HCO_3^-).

KESIMPULAN

Variasi temporal debit Mataair Lamijah mengalami kenaikan secara konstan, dari bulan Juni mengalami peningkatan pada bulan Juli dan penurunan pada bulan Agustus, selanjutnya dari bulan September-Maret mengalami peningkatan terus dan mengalami debit terbesarnya pada bulan Maret. Sama halnya dengan variasi debit Mataair Lamijah, Mataair Pok Bango juga mempunyai variasi yang konstan. Mataair Belik Anget mengalami variasi yang naik turun, dimulai dari bulan Juni yang sebesar 3,7 liter/detik menjadi 3,42 liter/detik pada bulan Agustus. Variasi dari bulan September-Januari berkisar antara 3,6-3,9 liter/detik kemudian turun lagi pada bulan Februari menjadi 3,06 liter/detik. Secara spasial Mataair Belik Anget memiliki rerata debit yang paling besar, sedangkan Mataair Pok Bango memiliki rerata debit terendah.

Variasi temporal unsur terlarut Ca^{2+} pada Mataair Lamijah mengalami peningkatan sampai bulan September, kemudian mengalami penurunan kandungan pada bulan Oktober-Desember dan naik lagi sampai bulan Maret, unsur Ca^{2+} yang terlarut berkisar antara 4,64-5,19 meq/l. Unsur terlarut Ca^{2+} pada Mataair Pok Bango mengalami variasi naik turun yang konstan berkisar antara 4,09-4,69 meq/l, pada bulan Oktober memiliki kandungan kalsium terendah. Sama halnya dengan Pok Bango,

unsur Ca pada Mataair Belik Anget memiliki variasi yang konstan berkisar antara 4,59-4,99 meq/l pada bulan Juni-September dan pada bulan Oktober memiliki nilai terbesar yaitu 6,49 meq/l, kemudian bulan-bulan selanjutnya mengalami penurunan lagi sebesar 4,24 meq/l pada bulan Maret. Variasi temporal unsur HCO_3^- terlarut pada Mataair Lamijah dan Pok Bango konstan dan hampir mempunyai grafik yang sama. Mataair Pok Bango mempunyai unsur HCO_3^- lebih kecil dibandingkan Mataair Lamijah yaitu sebesar 4-4,6 meq/l sedangkan lamijah berkisar antara 4,5-4,9 meq/l. Sama halnya dengan Mataair Lamijah dan Pok Bango, Mataair Belik Anget juga mempunyai variasi temporal dengan bentuk yang konstan, hanya saja nilai kandungan nya lebih besar dari keduanya sebesar 7,7-8,4 meq/l. Karakteristik hidrogeokimia Mataair Lamijah dan Mataair Pok Bango menghasilkan tipe kimia dominan $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$. Mataair Belik Anget pada bulan Juni, Agustus-November, dan Januari-Maret tipe kimia dominan nya $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$. Sedangkan Mataair Belik Anget menunjukkan senyawa dominan $\text{Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ pada bulan Juli dan Desember yang mengindikasikan pelarutan mineral dolomit lebih dominan dibandingkan mineral kalsit

DAFTAR PUSTAKA

- Appelo, C.A.J., Postma, D., 1994. *Geochemistry, groundwater and pollution*, Rotterdam, 536p : A.A. Balkema.
- Haryono, E dan Purnama, Ig. S. 1998. Kajian Persebaran Kadar Ion-Ion Dominan dalam Airtanah pada Berbagai Bentuklahan di Kabupaten Rembang. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Jenings. 1971. *Karst Geomorphology*. 2nd edition. Basil blackwell Inc : New York.
- Ko, RKT. 1997. *Karstospeleologi*. Introduksi (tidak diterbitkan). Himpunan Kegiatan Speleologi Indonesia (HIKESPI), Bogor.

- Marker and Sweeting. 1983. Karst Development on the Alexandria limestones E. Cape Province, Suoth Africa. Z. Geomorph N. F. Journal (tidak diterbitkan), Stuttgart.
- Purnama, S. 2010. *Hidrologi Air Tanah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Samodra, H. 2001. *Suplemen Tulisan Pelatihan Dasar untuk Pecinta Alam dan Pendaki Gunung: Nilai Strategis Kawasan Karst di Indonesia dan Usaha Pengelolaannya Secara Berkelanjutan* (tidak diterbitkan). Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI), Bogor.
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta